

Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper

NICANJE KOROVNE VRSTE *Abutilon theophrasti* Med. OVISNO O DUBINI SJETVE

, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to

¹Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod herbologiju,
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

*Izvod iz diplomskog rada "Nicanje korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. pri različitim dubinama sjetve", Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
mscepanovic@agr.hr

Prihvaćeno: 14-11-2018

SAŽETAK

Nicanje sjemena u poljskim je uvjetima pod utjecajem velikog broja čimbenika među kojima je najvažnija dubina na kojoj se sjeme nalazi u tlu. Europski mračajnik (*Abutilon theophrasti* Med.), za razliku od ostalih sitnosjemenih korovnih vrsta, ima relativno krupno sjeme pa je njegovo nicanje moguće i iz dubljih slojeva tla. Cilj je ovoga rada bio u poljskim uvjetima ustanoviti nicanje tretiranog (skarificiranog) i netretiranog (naturalnog) sjemena mračajnika na različitim dubinama sjetve (3, 6 i 9 cm) i odrediti sumu toplinskih jedinica potrebnu za nicanje ove korovne vrste. Poljski su pokusi postavljeni 2014. i 2015. na pokušalištu Maksimir Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta po shemi slučajnog bloknoeg rasporeda u četiri ponavljanja. Rezultati istraživanja pokazuju da dubina i način tretiranja sjemena znatno utječu na nicanje sjemena mračajnika, ali i da se nicanje znatno razlikuje po istraživanim godinama. Nicanje mračajnika proporcionalno opada s porastom dubine, dok učinak tretiranja sjemena na nicanje ovisi o pedoklimatskim uvjetima tijekom godine. Suma toplinskih jedinica potrebna za nicanje mračajnika iznosi 198 °C.

Ključne riječi: mračajnik, suma toplinskih jedinica, skarifikacija, dubina sjetve

Abutilon theophrasti Med. EMERGENCE FROM BURIED SEED WITH INCREASING SOIL DEPTH

SUMMARY

Seed germination is influenced by numerous environmental factors in the field conditions among which burial seed depth is the most important.

Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Med.) contrary to other small seeded weed species has relative large seed weight so the emergence can occur even from deeper soil depth. The aim of this field study was to determinate I) quantitative emergence of scarified and non-scarified velvetleaf seeds in field conditions at different soil depths (3, 6 and 9 cm) and II) growing degree days for the emergence of this weed species. Field trials were conducted in vegetation years of 2014 and 2015 at experimental station Maksimir at University of Zagreb Faculty of Agriculture, by randomized block design in four replicates. Results indicate that both, seed depth and seed treatment can significantly influence velvetleaf seed germination. Total seed emergence was decreased proportionally with burial seed depth increase (from 3 to 9 cm) while effect of seed treatment depends on agricultural conditions during the year. Growing degree days for emergence of velvetleaf is 198 °C.

Key words: velvetleaf, growing degree days, scarification, burial seed depth

UVOD

Integrirana zaštita bilja u svojim načelima ističe dobro razumijevanje ekologije štetnih organizama te upotrebu tih spoznaja u prevenciji i njihovom suzbijanju. Kod integriranog suzbijanja korova preporučuje se suzbijanje obaviti tek nakon njegova nicanja (postemergence) s naglaskom primjene herbicida samo ako je opravdan rizik od smanjenja prinosa (Barić i Šćepanović, 2015). Budući da je u stadiju nicanja korov najosjetljiviji na sve mjere suzbijanja, veliki broj znanstvenih istraživanja usmjeren je na proučavanje uvjeta u fazi nicanja korova u usjevima (Masin i sur., 2010). Nicanje korova u poljskim uvjetima kompleksan je proces pod utjecajem različitih biotičkih i abiotičkih čimbenika (Alm i sur., 1993). Definiran je s tri faze koje se odvijaju ispod površine tla: prekidanjem dormantnosti, klijanjem sjemena i razvojem izdanka i korijena klice prije nicanja. Svaka faza razvoja podjednako je važna za uspjeh nicanja. Faze se međusobno razlikuju po fiziologiji i na njih utječu različiti okolišni uvjeti (svojstva tla i vremenske prilike) čiji je učinak na sjeme specifičan (Vleeshouwers, 1997). Tako će na dormantnost sjemena najviše utjecati značajke vrste i pedoklimatski uvjeti u kojima se sjeme nalazi, dok je klijanje sjemena i razvoj klijanaca u tlu više pod utjecajem fizikalnih svojstava tla i banke sjemena ostalih korovnih vrsta.

Za razliku od nicanja sjemena kulturnih biljaka (usjeva), koje je uglavnom u tlu raspoređeno (posijano) jednolično, sjeme je korova i po okomitosti i po vodoravnoj distribuciji raspoređeno neravnomjerno gdje je izloženo promjenjivim pedoklimatskim uvjetima zbog čega i navedeni čimbenici djeluju promjenjivo (Forcella i sur., 2000). Zbog toga se utjecaj čimbenika na nicanje u poljskim istraživanjima treba pratiti u interakciji s dubinom jer je ona glavni uzrok promjenjivim pedoklimatskim uvjetima kojima je sjeme izloženo. Dovoljan je, naime, samo jedan nepovoljan čimbenik tijekom procesa nicanja

pa da se ono zaustavi (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006). Ako uvjeti za klijanje nisu ispunjeni, sjemenke korova ne kliju, već ostaju u stanju dormantnosti ili propadaju u tlu. Za razliku od dormantnosti sjemena korova koja je reverzibilan proces, klijanje i razvoj klijanaca u tlu ireverzibilni su procesi. Ako uvjeti tijekom klijanja ne zadovoljavaju, mladi će klijanci korova odumrijeti u tlu.

Dubina na kojoj se nalazi sjeme korova u poljskim uvjetima promjenjiva je i ona određuje njegovu dormantnost, odnosno vijabilnost (Hulina, 1998). Većinu korovnih vrsta karakterizira sitno sjeme (masa 1000 sjemenki najčešće je manja od 2 grama), zbog toga niče samo iz plitkog sloja tla (do 5 cm). Predmet je ovoga rada korovna vrsta *Abutilon theophrasti* (europski mračnjak) za koju je, za razliku od većine vrsta, karakteristično relativno krupno sjeme. Iako krupnoća sjemenke neke biljne vrste ovisi o pedoklimatskim uvjetima staništa, broju jedinki po jedinici površine staništa pa i svojstvima pojedine populacije, Kovačević (1974) navodi da se prosječna masa 1000 sjemenki mračnjaka kreće od 8 do 12 g. I Plodinec i sur. (2015) ustanovili su da se masa 1000 sjemenki nalazi u navedenom rasponu (9,1 g). Stoga je nicanje mračnjaka omogućeno iz dubljih slojeva tla, što izravno utječe na suzbijanje ove vrste. Naime, herbicidi koji se primjenjuju poslije sjetve, a prije nicanja (pre-em), najčešće imaju slabiji učinak na klijance koji se razvijaju iz sjemena iz dubljih slojeva tla gdje herbicid ne dopijeva. Osim toga, nicanje ove vrste, upravo zbog različite dubine na kojoj se nalazi sjeme u tlu, može biti prolongirano i više tjedana nakon sjetve kada već slabi rezidualni učinak zemljišnih herbicida (Egley i Williams, 1991). Relativno je velik broj radova u kojima je određivano nicanje ove vrste pri različitim dubinama tla u kontroliranim uvjetima temperature, vlažnosti zraka i osvjetljenja. Većina laboratorijskih istraživanja ukazuje na podjednaku mogućnost nicanja mračnjaka pri dubinama do 10 cm (Rakoš, 2013; Benvenuti i sur., 2001; Buhler i Mester, 1991). Međutim, oskudni su literaturni izvori o nicanju ove korovne vrste pri različitim dubinama u poljskim uvjetima.

Cilj je ovog istraživanja bio u poljskim uvjetima ustanoviti nicanje europskog mračnjaka ovisno o dubini sjetve (3, 6 i 9 cm), načinu prekidanja dormantnosti sjemena te o sumi toplinskih jedinica (STJ) potrebnih za početak nicanja ove korovne vrste.

MATERIJALI I METODE RADA

Istraživanje u poljskim uvjetima provedeno je tijekom dvije vegetacijske sezone (2014. i 2015.). Sjeme mračnjaka prikupljeno je u jesen 2013. na pokušalištu Šašinovec, nakon čega je očišćeno od primjesa i do početka istraživanja skladišteno na tamno i suho mjesto. U pokusu je upotrebljavano netretirano (naturalno) i tretirano (skarificirano) sjeme mračnjaka. Skarificiranom sjemenu mračnjaka proliferirana je sjemena ovojnica kružnim

pokretima daščicom obloženom brusnim papirom granulacije P 40 u trajanju od 5 minuta.

Dvofaktorijski (dubina sjetve i tretiranje sjemena) poljski pokus postavljen je na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta. Analizom tla ustanovljeno je da je pH tla na pokusnoj lokaciji neutralan ($\text{pH}=7$). Sjetva je obavljena ručno u obje godine istraživanja, 16. 04. 2014. i 12. 05. 2015. Sjeme je mračnjaka posijano u 6 redova na tri dubine: 3, 6 i 9 cm po shemi slučajnog blokno rasporeda u četiri ponavljanja. Veličina osnovne parcele iznosila je 1 m^2 , a po svakoj parceli posijano je 50 sjemenki mračnjaka. Razmak između redova iznosio je 10 cm. Nicanje je određivano u fazi potpuno otvorenih kotiledona. Kod svakoga roka određivanja broja poniklih jedinki, nakon određivanja ponikle su jedinke odstranjene s pokusne parcelice. Određivanje nicanja završeno je kad 10 dana zaredom nije nikla ni jedna nova biljka mračnjaka.

Za određivanje sume toplinskih jedinica (STJ) potrebnog za početak nicanja mračnjaka upotrijebljen je suma srednjih dnevnih temperatura tla do dubine 5 cm. STJ potrebna za početak nicanja mračnjaka izračunata je prema formuli:

$\text{STJ} = \sum (\text{SDT} - T_b)$, gdje je SDT – srednja dnevna temperatura na dubini tla do 5 cm na postaji Maksimir; T_b = biološki minimum za nicanje sjemena mračnjaka. Kao biološki minimum uzeta je vrijednost $4,5^\circ\text{C}$ koju je Magosso (2013) ustanovio za populaciju mračnjaka s lokaliteta Šašinovec.

Zbrajanje temperatura započeto je datumom sjetve mračnjaka, a završeno datumom prvog ponika.

Podatci o srednjoj dnevnoj temperaturi tla i oborinama za 2014. i 2015. za pokušalište Maksimir (tablica 1) dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda s mjerne postaje Maksimir.

Prikupljeni podatci o ukupnom nicanju statistički su obrađeni analizom varijance i nakon signifikantnog F testa za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test uz 5 % pogreške.

Tablica 1. Temperatura tla i količina oborina tijekom razdoblja istraživanja u 2014. i 2015. za lokaciju Maksimir**Table 1** Soil temperature and precipitation during field experiments in 2014 and 2015 for Maksimir

Datum	2014		2015	
	Temperature	Oborine	Temperature	Oborine
	travanj		svibanj	
1	14,9		14,7	
2	15,1		18,2	6,6
3	14,3		19	1
4	16,9		19,4	
5	14	0,5	21,1	
6	14,9	1,3	24,3	
7	15,3	0,1	23,7	
8	17,2		23,6	
9	12,2	11,8	24,1	
10	10,2	0,1	24	0,5
11	11,5	3,6	22,7	
12	11,4		23,1*	
13	12,7		26,5*	
14	13,3		24,6*	0,1*
15	10,3	4,9	17,4*	16,6*
16	7,8*	4,9*	17,5*	15,5*
17	7,6*		19,6*	0,7*
18	14,2*		21,5*	
19	16,4*		23,7*	
20	13,6*	5,8	24,7*	
21	13,5*	5*	15,1	6,9
22	14,4*	7,2*	12,4	17
23	14,7*	0,9*	14	52,2
24	15,6*	5,9*	16,8	20,1
25	15,7*	0,7*	16,9	
26	15,2*	7,3*	17,7	0,8
27	17,4*		15,6	
28	16,5*	9,5*	18	
29	15,4*	0,6*	22,1	
30	18,2	0,3	24,5	
31			23,9	
x °C				
Ukupno, mm				

REZULTATI I RASPRAVA

Zbroj toplinskih jedinica (STJ) za početak nicanja mračnjaka

U 2014. godini početak nicanja mračnjaka, neovisno o dubini sjetve, uslijedio je trinaest dana nakon sjetve, a u 2015. osam dana nakon sjetve. Međutim, razlog bržem nicanju u drugoj godini istraživanja vezan je uz vrijednosti srednjih dnevnih temperatura nakon sjetve do nicanja (tablica 1). Suma toplinskih jedinica potrebna za nicanje mračnjaka bila je gotovo ista u obje godine i iznosila je oko 198 °C (tablica 2).

Tablica 2. Zbroj toplinskih jedinica za nicanje mračnjaka u 2014. i 2015.

Table 2 Growing degree days for velvetleaf emergence in 2014 and 2015

Godina	STJ	Datum sjetve	Datum početka nicanja
2014.	198°C	16.04.2014.	29.04.2014.
2015.	198,6°C	12.05.2015.	20.05.2015.

U razdoblju od 10 dana prije sjetve i za vrijeme trajanja ponika mračnjaka u 2014. prosječna dnevna temperatura iznosila je 13,6 °C, a u 2015. 20,9 °C pa je mračnjaku i trebalo pet dana više u 2014. da akumulira potrebne toplinske jedinice za nicanje. Količina i raspored oborina također je bio različit u odnosu na godinu istraživanja. U razdoblju od sjetve do nicanja u 2014. ukupno je palo 47,8 mm kiše tijekom 10 kišnih dana, a u 2015. 32,9 mm tijekom četiriju kišnih dana. Ipak oborine nisu utjecale na brzinu nicanja mračnjaka jer je u objema godinama bila relativno dostatna količina oborina. K tome, mračnjak vodni stres bolje tolerira od nekih drugih korovnih vrsta poput primjerice ambrozije (Raynal i Bazzaz, 1973).

Prema istraživanju Masin i sur. (2012) suma toplinskih jedinica za 50-postotni ponik populacije mračnjaka iz regije Veneto iznosila je 135 °C. Ova je vrijednost, međutim, peterostruko manja od ustanovljene iste vrijednosti ponika u istraživanju Plodinec i sur. (2015) gdje je bilo potrebno čak 644,5 °C toplinskih jedinica za 50-postotno nicanje mračnjaka na lokaciji Maksimir. Budući da je u ovom istraživanju samo za početak nicanja u obje godine bilo potrebno oko 198 STJ-a, rezultati pokazuju da specifični pedoklimatski uvjeti pojedinog lokaliteta mogu znatno utjecati na razlike u vremenu nicanja mračnjaka ovisno o prilagodbi specifičnim pedoklimatskim uvjetima, što je važna odlika adaptibilnosti divljih vrsta. Upravo se suma toplinskih jedinica upotrebljava za izradu prognoznih modela nicanja kao pomoć proizvođačima u određivanju optimalnog roka primjene herbicida (Šćepanović i sur., 2016). Myers i sur. (2004) služili su se empirijskim modelom prognoze početka nicanja

nekoliko korovnih vrsta na temelju praćenja temperatura tla na dubini od 5 cm. Početak nicanja mračnjaka, odnosno nicanje 10 % jedinki mračnjaka odvija se kad je vrijednost akumuliranih toplinskih jedinica u intervalu između 150 i 300 STJ-a. Za nicanje 50 % jedinki potrebno je do 355 STJ-a, dok bi većina jedinki (95 %) trebala niknuti pri akumuliranih 900 STJ-a. Navedene se vrijednosti STJ-a za početak nicanja poklapaju s dobivenim vrijednostima u ovom istraživanju (198 STJ-a).

Ukupno nicanje mračnjaka

Pri istraživanju nicanja naturalnog sjemena uobičajeno se primjenjuju različite metode prekidanja dormantnosti i poticanja što većeg broja sjemenki na nicanje. U ovom je radu istraživana sjetva naturalnog i skarificiranog sjemena (faktor tretman). Međutim, nije ustanovljena statistički važnija razlika u nicanju mračnjaka ovisno o tretmanu (načinu tretiranja sjemena), ali je ustanovljena statistički važna razlika u nicanju mračnjaka s obzirom na godinu istraživanja, dubinu sjetve i interakciju godina x-tretman (tablica 3).

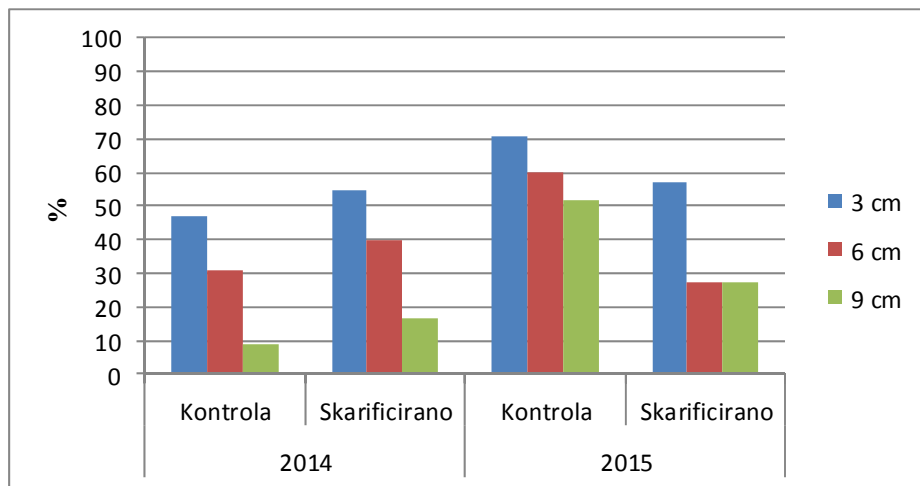
Tablica 3. Rezultati analize varijance nicanja mračnjaka u 2014. i 2015.

Table 3 Analyze of variance for velvetleaf emergence in 2014 and 2015

Izvor varijabilnosti	n-1	SS	s ²	F _{exp}
Godina	1	3008,3	3008,3	0,031*
Dubina sjetve	2	7860,7	3930,3	<.001**
Tretman	1	736,3	736,3	0,082 n.s.
Godina x tretman	1	3008,3	3008,3	0,001**
Godina x dubina	2	732,7	366,3	0,217 n.s.
Tretman x dubina	2	164,7	82,3	0,699 n.s.
Godina x tretman x dubina	2	220,7	110,3	0,620 n.s.

Prosječno ukupno nicanje mračnjaka u 2015. bilo je veće nego u 2014. (grafikon 1) iako je suma toplinskih jedinica potrebna za početak nicanja bila podjednaka u objema godinama (tablica 2). Dobiveni rezultati pokazuju da osim temperature i vlage tla i drugi čimbenici mogu utjecati na nicanje ove vrste. S obzirom na to da je pokus postavljen na istoj lokaciji u obje godine, vjerojatni razlog slabijeg nicanja u prvoj godini istraživanja jest dormantnost sjemena. Treba napomenuti da nisu obavljani dodatni destruktivni testovi ustanovljivanja vijabilnosti neprokljalog sjemena mračnjaka te da je sjeme za ovo istraživanje prikupljeno 2013. pa je u 2014. godini bilo staro godinu dana, a u 2015. dvije godine. Tvrdi sjemeni ovojnik mračnjaka glavni je razlog dormantnosti koja omekšava tijekom skladištenja što rezultira boljim nicanjem

starijeg sjemena (Obajgor, 2013) i vjerojatno je razlog boljeg nicanja sjemena mračnjaka u drugoj godini istraživanja.



Grafikon 1. Nicanje mračnjaka tijekom dviju vegetacijskih godina (2014. i 2015.) na trima različitim dubinama sjetve (3, 6 i 9 cm) i dva načina tretiranja sjemena (naturalno i skarificirano)

Figure 1 Velvetleaf emergence (for 2014 and 2015) from buried seed with increasing soil depth (3, 6 and 9 cm) and two type of seed (natural and scarified)

U objema godinama istraživanja najveća klijavost mračnjaka ustanovljena je kod najpliće sjetve (3 cm), neovisno o načinu tretiranja sjemena (naturalno i skarificirano). Također je u objema godinama ustanovljen trend opadanja nicanja sjemena s porastom dubine sjetve. Gotovo linearan trend opadanja nicanja s povećanjem dubine sjetve ustanovljen je u 2014. Razlog statistički značajnoj opravdanosti interakcije godina x-tretman jest podjednako nicanje skarificiranog sjemena mračnjaka s dubina 6 i 9 cm u 2015., što nije bio slučaj u 2014. gdje je pri dubljoj sjetvi (9 cm) sjeme mračnjaka slabije poniklo nego pri sjetvi na dubini od 6 cm. U oborinama povoljnijoj 2014. nicanje mračnjaka osobito se smanjivalo porastom dubine, neovisno o tretmanu sjemena (naturalno i skarificirano). Herr i Stroube (1970) trogodišnjim su poljskim pokusima također ustanovili da nicanje mračnjaka porastom dubine naglo opada. U njihovom je istraživanju porastom dubine sjetve mračnjaka nicanje znatno opadalo. Više od 50 % jedinki mračnjaka nicalo je s dubine od 2,5 cm, a sa svakim povećanjem dubine za 2,5 cm nicanje je postupno opadalo. Sadeghloo i sur. (2013) osim dubine sjetve pratili su i utjecaj temperature, pH tla i količine soli (NaCl) u tlu na nicanje ove korovne vrste. Na mračnjak, prema ovim autorima, ne utječe intenzitet svjetla jer se s povećanjem dubine nicanje smanjuje. Dubina je nicanja vezana uz veličinu sjemena zbog čega je mračnjak

spособan nicati i s većih dubina. Autori navode da pH tla u rasponu vrijednosti 4 – 9 ne utječe na nicanje mračnjaka jer je uočeno podjednako dobro nicanje kod različitih pH vrijednosti. Za razliku od svjetlosti i pH vrijednosti, rezultati su istraživanja pokazali da ostali istraživani čimbenici znatno utječu na nicanje mračnjaka. Najpovoljnija je temperatura za nicanje mračnjaka 35 °C kada je ustanovljeno najveće nicanje. Nicanje se znatno smanjuje kada je koncentracija NaCl u tlu iznad 250 mM.

Neovisno o nešto slabijem nicanju u 2014. u odnosu na 2015. i o slabijem nicanju mračnjaka pri većim dubinama sjetve (6 i 9 cm), rezultati istraživanja pokazuju da određeni dio populacije ove vrste može u poljskim uvjetima niknuti iz dubljih slojeva tla. Ustanovljena je mogućost nicanja mračnjaka i s dubine od 10 cm (Benvenuti i sur., 2001.), pa čak dio populacije (2 %) s dubine od 18 cm (Herr i Stroube, 1970). Iako je nicanje mračnjaka općenito slabije iz dubljih slojeva u odnosu na pliće, velika produkcija sjemena ove vrste kao i duga vijabilnost sjemena u tlu ipak može omogućiti određeni postotak nicanja (razvučeno nicanje) ove vrste i nakon primjene rezidualnih herbicida. Ni način obrade tla ne može znatnije pridonijeti reduciranju jednom unesenog sjemena ove vrste u tlo. Npr. kod sitnosjemenih korovnih vrsta (pr. škir) promjena načina obrade tla s reducirane obrade gdje većina sjemena ostaje na površini ili u plitkom površinskom sloju tla (do 4 cm) na konvencionalnu može uvelike smanjiti pojavu ove vrste (Ghorbani i sur., 1999). To međutim ne vrijedi za sjeme mračnjaka koje relativno uspješno niče iz dubljih slojeva. K tome, dubokom obradom sjeme mračnjaka biva uneseno u tlo, sekundarnom se dormantošću zaštićuje od odumiranja te ponovnim dospijanjem u površinski sloj tla sposobno je nicati.

Tijekom ovog istraživanja na lokaciji Maksimir vrijednosti ukupnog nicanja nisu prelazile 70,5 %. Budući da se pokus odvijao u poljskim uvjetima (gdje se ne mogu kontrolirati uvjeti okoliša), ne može se sa sigurnošću tvrditi zašto nicanje nije bilo veće. Stvaranje pokorice, promjenjive temperature, dormantnost sjemena i kompeticija s bankom sjemena ostalih korovnih vrsta u tlu samo su neki od razloga koji su mogli utjecati na slabiji ponik. Ipak, i ovaj postotak ponika više je nego dostatan da mračnjak, imajući na umu njegove velike kompeticijske sposobnosti, izazove znatne štete u poljoprivrednim usjevima.

ZAKLJUČCI

Suma toplinskih jedinica potrebna za početak nicanje mračnjaka na lokaciji Maksimir iznosi oko 198 °C i ne razlikuje se u odnosu prema godini istraživanja. Ukupno nicanje mračnjaka znatno se razlikovalo ovisno o godini istraživanja i dubini položenog sjemena. U objema godinama istraživanja najveća ukupna klijavost ustanovljena je pri sjetvi na 3 cm dubine, a najmanja pri sjetvi na 9 cm dubine. Nicanje mračnjaka pri većim dubinama (6 i 9 cm) ovisilo je o godini

istraživanja i načinu tretiranja sjemena. U 2014. ustanovljena je statistički opravdana razlika u nicanju mračnjaka na dubini od 6 i 9 cm, dok u 2015. razlika u nicanju između ovih dviju dubina nije bila statistički opravdana.

LITERATURA

ALM, D. M., STOLLER, E. W., WAX, L. M. (1993). An index model for predicting seed germination and emergence rates. *Weed technology* 7: 560-569.

BARIĆ, K., ŠČEPANOVIĆ, M. (2015). Integrirano suzbijanje korova u šećernoj repi. U: Šećerna repa: Zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje (R. Bažok ur.). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 96-112.

BENVENUTI, S., MACCHIA, M., MIELE, S. (2001). Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Science*, 49: 528-535.

BUHLER, D. D., MESTER, T. C. (1991). Effects of soil temperature, seed depth and cyanazine on giant foxtail (*Setaria faberi*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seedling development. *Weed Science*, 39: 204-209.

DHMZ, Državni hidrometeorološki zavod (2016) [online] (http://klima.hr/agro.php?id=agro_temp), pristupljeno: 23. rujna 2016.

EGLYE, G. H., WILLIAMS, R. D. 1991 Emergence periodicity of six summer annual weed species. *Weed Sci.* 4: 595-600.

FINCH - SAVAGE, W. E., LEUBNER – METZGER, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171: 501-523.

FORCELLA, F., BENECH-ARNOLD, R. L., SANCHEZ, R., GHERSA, C. M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67: 123-139.

GHORBANI, R., SEEL, W., LEIFERT, C. (1999.). Effect of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Science*, 47: 505-510.

HERR, D. E., STROUBE, E. W. (1970). Velvetleaf control as influenced by herbicide placement and seed depth. *Weed Science*, 18: 459-461.

HULINA, N. (1998). Korovi, Školska knjiga, Zagreb.

KOVAČEVIĆ, J. (1974). Korovi u poljoprivredi. Nakladni zavod Znanje, Zagreb.

MAGOSSO, D. (2013). Study of germination parameters of summer weeds: transferability of AlertInf model to Croatia. Master thesis. University of Padova, Italy.

MASIN, R., LODDO, D., BENVENUTI, S., OTTO, S. i ZANIN, G. (2012). Modeling Weed Emergence in Italian Maize Fields. *Weed Science*, 60: 254-259.

MASIN, R., LODDO, D., BENVENUTI, S., ZUIN, M.C., MACCHIA, M. i ZANIN, G. (2010). Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. *Weed Science*, 58: 216-222.

MYERS, W.M., CURRAN, W. S., VANGESSEL, M. J., CALVIN, D. D., MORTENSEN, D. A., MAJEK, B. A., KARSTEN, H. D., ROTH, G. W. (2004). Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. *Weed Science*, 52: 913-919.

OBAJGOR, T. (2013). Buđenje sjemena mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) iz stanja dormantnosti. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

PLODINEC, M., ŠČEPANOVIĆ, M., BARIĆ, K., JAREŠ, D. (2015). Inter-populacijska varijabilnost u nicanju korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. *Agronomski glasnik*, 1-2:23-40.

RAKOŠ, V. (2013). Nicanje dormantnog sjemena korova – mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) pri različitim dubinama u tlu. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

RAYNAL, D, J, BAZZAZ, F, A. (1973). Establishment of early successional plant populations on forest and prairie soil. Ecol. 54: 1335 – 1341.

SADEGHLOO, A., ASGHARI, J., GHADERI-FAR, F. (2013). Seed germination and seedling emergence of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus galli*). Planta Daninha, 31: 259-266.

ŠĆEPANOVIĆ, M., ŠOŠTARČIĆ, V., MASIN, R., BARIĆ, K. (2016). Modeli prognoze dinamike nicanja i bio-ekonomični modeli kao pomoć u integriranom suzbijanju korova. Glasilo biljne zaštite, 4: 397-409 .

VLEESHOUWERS, L. M. (1997). Modelling the effect of temperature, soil penetration resistance, burial depth and seed weight on pre-emergence growth of weeds. Annals of botany, 79: 553-563.